

PCT/JP 2004/010224

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

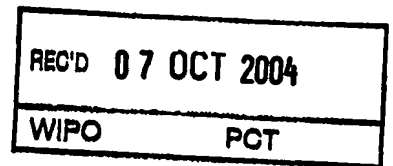
16.08.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 1 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 7 7 0 3 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 2 7 7 0 3 9]



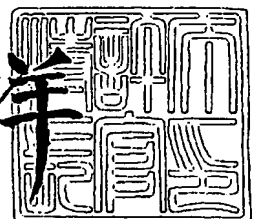
出 願 人 浜松ホトニクス株式会社
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 9 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 8 5 7 0 7

【書類名】 特許願
【整理番号】 2003-0482
【提出日】 平成15年 7月18日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B23K 26/00320
B23K 26/04
H01L 21/301

【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会
社内
 【氏名】 福満 憲志

【特許出願人】
 【識別番号】 000236436
 【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社

【代理人】
 【識別番号】 100088155
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】
 【識別番号】 100092657
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】
 【識別番号】 100124291
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 石田 悟

【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 014708
 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

加工対象物の内部に集光点を合わせてレーザー光を照射し、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記加工対象物の内部に多光子吸収による被処理部を形成すると共に、前記加工対象物の内部であって前記被処理部に対応する所定の位置に微小空洞を形成する工程を備える、レーザー加工方法。

【請求項 2】

加工対象物をレーザー加工によって切断して生産される加工生産物であって、

前記切断によって形成された主面に沿った部分に多光子吸収によって改質されている被処理部と、

前記切断によって形成された主面であって前記被処理部に対応する所定の位置に開口部を有する微小空洞と、が形成されている加工生産物。

【書類名】明細書**【発明の名称】** レーザ加工方法及び加工生産物**【技術分野】****【0001】**

本発明は、レーザ加工方法及び加工生産物に関する。

【背景技術】**【0002】**

レーザ加工によって加工対象物を切断する方法として下記非特許文献1に記載のものがあある。この非特許文献1に記載のレーザ加工方法はシリコンウェハを切断するものであって、シリコンが透過する $1\mu\text{m}$ 近辺の波長を使用し、ウェハ内部で集光して改質層を連続的に形成し、それをきっかけとして切断する方法である。

【非特許文献1】荒井一尚、「半導体ウェハにおけるレーザダイシング加工」、砥粒加工学会誌、Vol. 47、No. 5、2003 MAY. 229-231

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

上述のレーザ加工方法で加工したシリコンウェハを切断する場合にはウェハを曲げる方向に力を加えて内部亀裂を進展させる必要がある。従って、シリコンウェハの裏面に貼り付けたテープをシリコンウェハに並行に引き離して切断する方法（エキスパンド法）を採用すると歩留まりが悪くなる。

【0004】

そこで本発明では、加工対象物を容易に切断できるレーザ加工方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本発明のレーザ加工方法は、加工対象物の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、加工対象物の切断予定ラインに沿って加工対象物の内部に多光子吸収による被処理部を形成すると共に、加工対象物の内部であって被処理部に対応する所定の位置に微小空洞を形成する工程を備える。

【0006】

本発明のレーザ加工方法によれば、被処理部に対応させて微小空洞を形成するので、一対の被処理部と微小空洞とを加工対象物内部に形成できる。

【0007】

本発明の加工生産物は、加工対象物をレーザ加工によって切断して生産される加工生産物であって、切断によって形成された主面に沿った部分に多光子吸収によって改質されている被処理部と、切断によって形成された主面であって被処理部に対応する所定の位置に開口部を有する微小空洞と、が形成されている。

【0008】

本発明の加工生産物は、加工対象物に被処理部と微小空洞とを対応させて形成して加工処理物とし、その加工処理物を被処理部及び微小空洞が形成されている部分で切断して生産される。

【発明の効果】**【0009】**

本発明のレーザ加工方法で加工対象物に被処理部と微小空洞とを形成すると、加工対象物を切断することが容易になる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0010】**

本発明の知見は、例示のみのために示された添付図面を参照して以下の詳細な記述を考慮することによって容易に理解することができる。引き続き、添付図面を参照しながら本発明を実施するための形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を

付して、重複する説明を省略する。

【0011】

本実施形態のレーザ加工方法について説明する。本実施形態のレーザ加工方法は、多光子吸収により被処理部を形成すると共に、その被処理部に対応する所定の位置にその周囲が実質的に結晶構造が変化していない微小空洞を形成している。多光子吸収はレーザ光の強度を非常に大きくした場合に発生する現象である。まず、多光子吸収について簡単に説明する。

【0012】

材料の吸収のバンドギャップ E_g よりも光子のエネルギー $h\nu$ が小さいと光学的に透明となる。よって、材料に吸収が生じる条件は $h\nu > E_g$ である。しかし、光学的に透明でも、レーザ光の強度を非常に大きくすると $n h\nu > E_g$ の条件 ($n = 2, 3, 4, \dots$ である) で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点のピークパワー密度 (W/cm^2) で決まり、例えばピークパワー密度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、(集光点におけるレーザ光の1パルス当たりのエネルギー) \div (レーザ光のビームスポット断面積 \times パルス幅) により求められる。また、連続波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点の電界強度 (W/cm^2) で決まる。

【0013】

このような多光子吸収を利用する本実施形態のレーザ加工方法について図1～図6を用いて説明する。図1はレーザ加工中の加工対象物1の平面図であり、図2は図1に示す加工対象物1のII-II線に沿った断面図であり、図3はレーザ加工後の加工対象物1の平面図であり、図4は図3に示す加工対象物1のIV-IV線に沿った断面図であり、図5は図3に示す加工対象物1のV-V線に沿った断面図であり、図6は切断された加工対象物1の平面図である。

【0014】

図1及び図2に示すように、加工対象物1の表面3には切断予定ライン5がある。切断予定ライン5は直線状に延びた仮想線である。本実施形態に係るレーザ加工方法は、多光子吸収が生じる条件で加工対象物1の内部に集光点Fを合わせてレーザ光Lを加工対象物1に照射して被処理部7を形成する。なお、集光点とはレーザ光Lが集光した箇所のことである。

【0015】

レーザ光Lを切断予定ライン5に沿って(すなわち矢印A方向に沿って)相対的に所定のピッチPで移動させることにより、集光点Fを切断予定ライン5に沿って移動させる。これにより、図3～図5に示すように被処理部7及び微小空洞8からなる改質領域が切断予定ライン5に沿って加工対象物1の内部にのみ形成される。また、被処理部7及び微小空洞8は、図5に示すようにレーザ光Lを移動させた所定のピッチPで形成される。図5に示すように、微小空洞8はレーザ光Lの照射方向からみて被処理部7とは反対側に形成される。図5においては、被処理部7と微小空洞8とは所定の間隔が空いているけれども、被処理部7と微小空洞8とが連続して形成される場合もある。本実施形態に係るレーザ加工方法は、加工対象物1がレーザ光Lを吸収することにより加工対象物1を発熱させて被処理部7を形成するのではない。加工対象物1にレーザ光Lを透過させ加工対象物1の内部に多光子吸収を発生させて被処理部7を形成している。よって、加工対象物1の表面3ではレーザ光Lがほとんど吸収されないので、加工対象物1の表面3が溶融することはない。

【0016】

加工対象物1の切断においては上述のように加工対象物1に被処理部7及び微小空洞8を形成して加工処理物とし、例えば加工対象物1の裏面にテープを貼り付けて、そのテープを加工対象物1の切断予定ライン5に垂直な方向に引き離して切断することができる(図6参照)。また、切断する箇所に起点があると加工対象物1はその起点から割れるので、図6に示すように比較的小さな力で加工対象物1を切断することができる。よって、加

工対象物 1 の表面 3 に不必要な割れを発生させることなく加工対象物 1 の切断が可能となる。

【0017】

尚、加工対象物 1 にレーザ光 L を透過させ加工対象物 1 の内部に多光子吸収を発生させて被処理部 7 を形成した場合に、それぞれの被処理部 7 に対応した微小空洞 8 が形成される原理については必ずしも明らかではない。このように被処理部 7 及び微小空洞 8 が対になった状態で形成される原理に関して本発明者らが想定する一つの仮説を説明する。図 7 はその仮説を説明するための図である。加工対象物 1 の内部の集光点 F に焦点を合わせてレーザ光 L を照射すると、集光点 F の近傍に被処理部 7 が形成される。従来は、このレーザ光 L はレーザ光源から照射されるレーザ光の中心部分の光（図 7 中、L 4 及び L 5 に相当する部分の光）を使用することとしていた。これは、レーザ光のガウシアン分布の中心部分を使用するためである。本発明者らはレーザ光が加工対象物の表面に与える影響をおさえるためにレーザ光を広げることとした。その一手法として、レーザ光源から照射されるレーザ光を所定の光学系でエキスパンドしてガウシアン分布の裾野を広げて、レーザ光の周辺部分の光（図 7 中、L 1～L 3 及び L 6～L 8 に相当する部分の光）のレーザ強度を相対的に上昇させることとした。このようにエキスパンドしたレーザ光を加工対象物 1 に透過させると、既に説明したように集光点 F の近傍では被処理部 7 が形成され、その被処理部 7 に対応した部分に微小空洞 8 が形成される。つまり、被処理部 7 と微小空洞 8 とはレーザ光の光軸（図 7 中の一点鎖線）に沿った位置に形成される。微小空洞 8 が形成される位置は、レーザ光の周辺部分の光（図 7 中、L 1～L 3 及び L 6～L 8 に相当する部分の光）が理論上集光される部分に相当する。このようにレーザ光の中心部分の光（図 7 中、L 4 及び L 5 に相当する部分の光）と、レーザ光の周辺部分の光（図 7 中、L 1～L 3 及び L 6～L 8 に相当する部分の光）とがそれぞれ集光される部分が加工対象物 1 の厚み方向において異なるのは、レーザ光を集光するレンズの球面収差によるものと考えられる。本発明者らが想定する一つの仮説は、この集光位置の差が何らかの影響を及ぼしているのではないかということである。

【0018】

本発明者らが想定する別の仮説は、レーザ光の周辺部分の光（図 7 中、L 1～L 3 及び L 6～L 8 に相当する部分の光）が集光される部分は理論上のレーザ集光点であるから、この部分の光強度が高く微細構造変化が起こっているためにその周囲が実質的に結晶構造が変化していない微小空洞 8 が形成され、被処理部 7 が形成されている部分は熱的な影響が大きく単純に溶解して再固化したというものである。

【0019】

本実施形態において多光子吸収により形成される被処理部の一つの例として、熔融処理領域がある。この場合には、レーザ光を加工対象物（例えばシリコンウェハのような半導体材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm²) 以上でかつパルス幅が 1 μ s 以下の条件で照射する。これにより加工対象物の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により加工対象物の内部に熔融処理領域が形成される。熔融処理領域とは一旦熔融後再固化した領域、熔融状態中の領域及び熔融から再固化する状態中の領域のうち少なくともいずれか一つを意味する。また、熔融処理領域は相変化した領域や結晶構造が変化した領域ということもできる。また、熔融処理領域とは単結晶構造、非晶質構造、多結晶構造において、ある構造が別の構造に変化した領域ということもできる。つまり、例えば、単結晶構造から非晶質構造に変化した領域、単結晶構造から多結晶構造に変化した領域、単結晶構造から非晶質構造及び多結晶構造を含む構造に変化した領域を意味する。加工対象物がシリコン単結晶構造の場合、熔融処理領域は例えば非晶質シリコン構造である。なお、電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm²) である。パルス幅は例えば 1 ns～200 ns が好ましい。

【0020】

一方、本実施形態において形成される微小空洞は、その周囲が実質的に結晶構造が変化していないものである。加工対象物がシリコン単結晶構造の場合には、微小空洞の周囲は

シリコン単結晶構造のままの部分が多い。

【0021】

引き続いて、本実施形態のレーザ加工方法の具体例について説明する。図8に本発明の実施形態であるレーザ加工方法に用いるレーザ加工装置100を示す。図8に示すレーザ加工装置100は、レーザ光Lを発生するレーザ光源101と、レーザ光Lの出力やパルス幅等を調節するためにレーザ光源101を制御するレーザ光源制御部102と、レーザ光Lの反射機能を有しかつレーザ光Lの光軸の向きを90度変えるように配置されたダイクロイックミラー103と、ダイクロイックミラー103で反射されたレーザ光Lを集光する集光用レンズ105と、集光用レンズ105で集光されたレーザ光Lが照射される加工対象物1が載置される載置台107と、載置台107をX軸方向に移動させるためのX軸ステージ109と、載置台107をX軸方向に直交するY軸方向に移動させるためのY軸ステージ111と、載置台107をX軸及びY軸方向に直交するZ軸方向に移動させるためのZ軸ステージ113と、これら三つのステージ109、111、113の移動を制御するステージ制御部115と、を備える。また、図示はしていないが、レーザ光源101と集光用レンズ105との間には、レーザ光のガウシアン分布を広げるための光学系が配置されている。本実施形態の場合は加工対象物1はシリコンウェハであるから、加工対象物1の裏面にはエキスパンドテープ106が貼り付けられている。

【0022】

Z軸方向は加工対象物1の表面3と直交する方向なので、加工対象物1に入射するレーザ光Lの焦点深度の方向となる。よって、Z軸ステージ113をZ軸方向に移動させることにより、加工対象物1の内部にレーザ光Lの集光点Fを合わせることができる。また、この集光点FのX(Y)軸方向の移動は、加工対象物1をX(Y)軸ステージ109(111)によりX(Y)軸方向に移動させることにより行う。X(Y)軸ステージ109(111)が移動手段の一例となる。

【0023】

レーザ光源101はパルスレーザ光を発生するNd:YAGレーザである。レーザ光源101に用いることができるレーザとして、この他、Nd:YVO₄レーザ、Nd:YLFレーザやチタンサファイアレーザがある。被処理部が溶融処理領域であるものを形成する場合、Nd:YAGレーザ、Nd:YVO₄レーザ、Nd:YLFレーザを用いるのが好適である。改質領域が屈折率変化領域であるものを形成する場合、チタンサファイアレーザを用いるのが好適である。

【0024】

加工対象物1の加工にパルスレーザ光を用いているが、多光子吸収を起こさせることができるなら連続波レーザ光でもよい。なお、本発明においてレーザ光はレーザビームを含む意味である。集光用レンズ105は集光手段の一例である。Z軸ステージ113はレーザ光の集光点を加工対象物の内部に合わせる手段の一例である。集光用レンズ105をZ軸方向に移動させることによって、レーザ光の集光点を加工対象物の内部に合わせることができる。

【0025】

レーザ加工装置100はさらに、載置台107に載置された加工対象物1を可視光線により照明するために可視光線を発生する観察用光源117と、ダイクロイックミラー103及び集光用レンズ105と同じ光軸上に配置された可視光用のビームスプリッタ119と、を備える。ビームスプリッタ119と集光用レンズ105との間にダイクロイックミラー103が配置されている。ビームスプリッタ119は、可視光線の約半分を反射し残りの半分を透過する機能を有しかつ可視光線の光軸の向きを90度変えるように配置されている。観察用光源117から発生した可視光線はビームスプリッタ119で約半分が反射され、この反射された可視光線がダイクロイックミラー103及び集光用レンズ105を透過し、加工対象物1の切断予定ライン5等を含む表面3を照明する。

【0026】

レーザ加工装置100はさらに、ビームスプリッタ119、ダイクロイックミラー10

3及び集光用レンズ105と同じ光軸上に配置された撮像素子121及び結像レンズ123を備える。撮像素子121としては例えばCCD (charge-coupled device) カメラがある。切断予定ライン5等を含む表面3を照明した可視光線の反射光は、集光用レンズ105、ダイクロイックミラー103、ビームスプリッタ119を透過し、結像レンズ123で結像されて撮像素子121で撮像され、撮像データとなる。

【0027】

レーザ加工装置100はさらに、撮像素子121から出力された撮像データが入力される撮像データ処理部125と、レーザ加工装置100全体を制御する全体制御部127と、モニタ129と、を備える。撮像データ処理部125は、撮像データを基にして観察用光源117で発生した可視光の焦点が表面3上に合わせるための焦点データを演算する。この焦点データを基にしてステージ制御部115がZ軸ステージ113を移動制御することにより、可視光の焦点が表面3に合うようにする。よって、撮像データ処理部125はオートフォーカスユニットとして機能する。また、撮像データ処理部125は、撮像データを基にして表面3の拡大画像等の画像データを演算する。この画像データは全体制御部127に送られ、全体制御部で各種処理がなされ、モニタ129に送られる。これにより、モニタ129に拡大画像等が表示される。

【0028】

全体制御部127には、ステージ制御部115からのデータ、撮像データ処理部125からの画像データ等が入力し、これらのデータも基にしてレーザ光源制御部102、観察用光源117及びステージ制御部115を制御することにより、レーザ加工装置100全体を制御する。よって、全体制御部127はコンピュータユニットとして機能する。

【0029】

引き続き、図8及び図9を用いて、本実施形態に係るレーザ加工方法を具体的に説明する。図9は、このレーザ加工方法を説明するためのフローチャートである。加工対象物1はシリコンウエハである。

【0030】

まず、加工対象物1の光吸収特性を図示しない分光光度計等により測定する。この測定結果に基づいて、加工対象物1に対して透明な波長又は吸収の少ない波長のレーザ光Lを発生するレーザ光源101を選定する(S101)。次に、加工対象物1の厚さを測定する。厚さの測定結果及び加工対象物1の屈折率を基にして、加工対象物1のZ軸方向の移動量を決定する(S103)。これは、レーザ光Lの集光点Fが加工対象物1の内部に位置させるために、加工対象物1の表面3に位置するレーザ光Lの集光点を基準とした加工対象物1のZ軸方向の移動量である。この移動量を全体制御部127に入力される。

【0031】

加工対象物1をレーザ加工装置100の載置台107に載置する。そして、観察用光源117から可視光を発生させて加工対象物1を照明する(S105)。照明された切断予定ライン5を含む加工対象物1の表面3を撮像素子121により撮像する。この撮像データは撮像データ処理部125に送られる。この撮像データに基づいて撮像データ処理部125は観察用光源117の可視光の焦点が表面3に位置するような焦点データを演算する(S107)。

【0032】

この焦点データはステージ制御部115に送られる。ステージ制御部115は、この焦点データを基にしてZ軸ステージ113をZ軸方向の移動させる(S109)。これにより、観察用光源117の可視光の焦点が表面3に位置する。なお、撮像データ処理部125は撮像データに基づいて、切断予定ライン5を含む加工対象物1の表面3の拡大画像データを演算する。この拡大画像データは全体制御部127を介してモニタ129に送られ、これによりモニタ129に切断予定ライン5付近の拡大画像が表示される。

【0033】

全体制御部127には予めステップS103で決定された移動量データが入力されており、この移動量データがステージ制御部115に送られる。ステージ制御部115はこの

移動量データに基づいて、レーザ光Lの集光点Fが加工対象物1の内部となる位置に、Z軸ステージ113により加工対象物1をZ軸方向に移動させる(S111)。

【0034】

次に、レーザ光源101からレーザ光Lを発生させて、レーザ光Lを加工対象物1の表面3の切断予定ライン5に照射する。レーザ光Lの集光点Fは加工対象物1の内部に位置しているので、改質領域としての熔融処理領域は加工対象物1の内部にのみ形成される。そして、切断予定ライン5に沿うようにX軸ステージ109やY軸ステージ111を初手のピッチPで移動させて、熔融処理領域を所定のピッチPで切断予定ライン5に沿うように加工対象物1の内部に形成する。このように熔融処理領域を形成すると、それぞれに対応するように微小空洞が形成される(S113)。そして、加工対象物1の裏面に貼られているエキスパンドテープ106をウェハの周縁方向に拡張して、加工対象物1を切断予定ライン5に沿って分離して切断する(S115)。これにより、加工対象物1をシリコンチップ(加工生産物)に分割する。

【0035】

このレーザ加工方法によって切断したシリコンウェハの切断面写真を図10(a)及び図10(b)に示す。図10(a)及び図10(b)に示す切断面写真は同一の切断面の写真を異なる縮尺で示したものである。図10(a)及び図10(b)に示す切断面を形成した際の詳細条件は以下の通りである。

【0036】

(A) 加工対象物: シリコンウェハ (厚さ $100\mu\text{m}$)

(B) レーザ

光源: 半導体レーザ励起Nd:YAGレーザ

波長: 1064nm

ビーム径: 3.99mm

広がり角 2.34mrad

繰り返し周波数: 40kHz

パルス幅: 200nsec

パルスピッチ: $7\mu\text{m}$

加工深さ: $13\mu\text{m}$

パルスエネルギー: $20\mu\text{J}/\text{パルス}$

(C) 集光用レンズ

NA: 0.8

(D) 加工対象物が載置される載置台の移動速度: $280\text{mm}/\text{sec}$

図10(a)及び図10(b)に示す切断面の熔融処理領域(被処理部)13は、シリコンウェハの厚み方向(図中の上下方向)の幅が $13\mu\text{m}$ 程度で、レーザを移動する方向(図中の左右方向)の幅が $3\mu\text{m}$ 程度である。また、微小空洞8は、シリコンウェハの厚み方向(図中の上下方向)の幅が $7\mu\text{m}$ 程度で、レーザを移動する方向(図中の左右方向)の幅が $1.3\mu\text{m}$ 程度である。熔融処理領域13と微小空洞8との間は $1.2\mu\text{m}$ 程度である。

【0037】

引き続き、図10(a)及び図10(b)に示す切断面をラマン分析した結果を説明する。測定装置と測定方法は以下の通りである。

【0038】

(1) 装置: Ramanor U-1000 (Jobin Yvon) (II)

(2) 測定モード: マイクロプローブ 顕微鏡 (Olympus BH-2型)

Beam Splitter: 照射系、 $R=25\%$

集光系、 $R=100\%$

対物レンズ : $\times 90$ (長焦点)

(3) 光源: Ar^+ 457.9nm

(4) 偏光: 入射光 P、散乱光 S+P

(5) 分光器: U-1000

(6) 検出器: CCD Jobin Yvon

このラマン分析を、溶融処理領域13の近傍の測定位置1、微小空洞8の近傍の測定位置2、溶融処理領域13及び微小空洞8の間の測定位置3、溶融処理領域13の上方の測定位置4について行った。

(アモルファスSiの評価)

いずれの位置からもアモルファスSi由来のラマン線は明確に観測されなかった。アモルファスSiが存在しないか、または存在量が検出限界以下である可能性が考えられる。

(結晶性の評価)

測定位置2、3、4のスペクトルの半値幅は、同程度である。また、リファレンスSi(110)と比較しても同程度であることから、測定位置2、3、4は、いずれも結晶性の高い単結晶Siであると考えられる。一方、測定位置1では、ブロードなラマン線が観測された。測定位置1に関しては、多結晶Siである可能性が考えられる。

(応力の評価)

測定位置1は、かなり大きな圧縮応力が生じている可能性が考えられる。また、測定位置3では、圧縮応力が生じている可能性が考えられる。測定位置2及び4では、検出限界程度のわずかな応力が生じているものと考えられる。

【0039】

ここで、6インチの大きさと厚みが $100\mu\text{m}$ のシリコンウェハを用いて、オリエンテーションフラットに対して並行及び垂直方向に 5mm ピッチで改質領域を形成し、複数の $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ のチップに分割されるようにパルスピッチと加工深さを変化させて、エキスパンダ分離した場合の切断性について評価した結果を図11を用いて説明する。この評価は、パルスピッチを固定して加工深さを $8.0\mu\text{m}\sim 19.0\mu\text{m}$ まで変化させたときの表面状態と切断性を評価したものである。図11中で、「HC、山」とあるのは「ハーフカット、山うっすら」という意味であり、シリコンウェハのレーザ入射側の表面に亀裂等が見えるものを示している。「ST、谷」とあるのは「ステルス、谷うっすら」という意味であり、レーザ入射側とは反対側の表面に亀裂等が見えるものを示している。「ST」とあるのは、「ステルス」の意味であり、いずれの表面にも亀裂等が確認できないものを示す。また、丸印はシリコンウェハの裏面に張ってあるテープを引っ張ってエキスパンダ分離した場合に全数切断できたものを示し、三角印は全数切断できなかったものを示す。尚、図11中の「加工深さ」に3.56を掛けた距離が、シリコンウェハ表面からレーザ光の焦点までの実際の距離になる。

【0040】

図11によれば、パルスピッチは $4.00\mu\text{m}$ 近傍が好適であることがわかる。また、加工深さは深い方が好ましい。パルスピッチはあまり広げない方が好ましい。これらを総合的に評価すると、パルスピッチは $1.00\mu\text{m}\sim 7.00\mu\text{m}$ であることが好ましく、 $3.00\mu\text{m}\sim 5.00\mu\text{m}$ であることが好ましい。また、加工深さは、 $8.00\mu\text{m}\sim 19.0\mu\text{m}$ であることが好ましく、 $14.0\mu\text{m}\sim 19.0\mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0041】

例えば、シリコンウェハが $300\mu\text{m}$ といった厚いものである場合には、上述のレーザ加工工程を、加工深さを変えて数回繰り返して行うことが好ましく、少なくとも一段が溶融処理領域と微小空洞との組合せとなることが好ましい。

【0042】

シリコンウェハの表面にパターンが形成されている場合には、パターンが形成されている面の反対側の面からレーザ光を入射させることが好ましい。微小空洞側の切断面は溶融処理領域側の切断面に比べて切断面がきれいになる傾向になるので、パターン形成面側に微小空洞を形成すると良品率がより向上する。

【0043】

レンズ口径に対してガウシアン分布を広げて使うことが好ましい。NAは $0.5\sim 1$ 。

0であることが好ましい。

【0044】

パルス幅は500nsec以下であることが好ましい。より好ましくは10nsec～300nsecである。また、より好ましくは150nsec～300nsecである。

【0045】

熔融処理領域と微小空洞がベアで、それぞれの深さが厚みに対して所定の関係にあると考えられる。特に、NAに応じて熔融処理領域と微小空洞とが所定の関係にあるとよい。

【0046】

切断方向は、オリエンテーションフラット（オリフラ）に対して並行、垂直だと好ましい。結晶方向に沿って熔融処理領域を形成していくことが好ましい。

【0047】

本実施形態の効果を説明する。これによれば、多光子吸収を起こさせる条件でかつ加工対象物1の内部に集光点Fを合わせて、パルスレーザー光Lを切断予定ライン5に照射している。そして、X軸ステージ109やY軸ステージ111を移動させることにより、集光点Fを切断予定ライン5に沿って所定のピッチPで移動させている。これにより、被処理部を切断予定ライン5に沿うように加工対象物1の内部に形成すると共に、微小空洞を形成している。これにより、加工対象物1の表面3に切断予定ライン5から外れた不必要な割れを発生させることなく加工対象物1を切断することができる。

【0048】

また、加工対象物1に多光子吸収を起こさせる条件でかつ加工対象物1の内部に集光点Fを合わせて、パルスレーザー光Lを切断予定ライン5に照射している。よって、パルスレーザー光Lは加工対象物1を透過し、加工対象物1の表面3ではパルスレーザー光Lがほとんど吸収されないので、改質領域形成が原因で表面3が熔融等のダメージを受けることはない。

【0049】

以上説明したように、加工対象物1の表面3に切断予定ライン5から外れた不必要な割れや熔融が生じることなく、加工対象物1を切断することができる。よって、加工対象物1が例えば半導体ウェハの場合、半導体チップに切断予定ラインから外れた不必要な割れや熔融が生じることなく、半導体チップを半導体ウェハから切り出すことができる。表面に電極パターンが形成されている加工対象物や、圧電素子ウェハや液晶等の表示装置が形成されたガラス基板のように表面に電子デバイスが形成されている加工対象物についても同様である。よって、加工対象物を切断することにより作製される製品（例えば半導体チップ、圧電デバイスチップ、液晶等の表示装置）の歩留まりを向上させることができる。

【0050】

また、加工対象物1の表面3の切断予定ライン5は熔融しないので、切断予定ライン5の幅（この幅は、例えば半導体ウェハの場合、半導体チップとなる領域同士の間隔である。）を小さくできる。これにより、一枚の加工対象物1から作製される製品の数が増え、製品の生産性を向上させることができる。

【0051】

また、加工対象物1の切断加工にレーザー光を用いるので、ダイヤモンドカッタを用いたダイシングよりも複雑な加工が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本実施形態のレーザー加工方法によってレーザー加工を行う加工対象物の平面図である。

【図2】図1に示す加工対象物のI-I断面図である。

【図3】本実施形態のレーザー加工方法によってレーザー加工を行った加工対象物の平面図である。

【図4】図3に示す加工対象物のI-V断面図である。

【図5】図3に示す加工対象物のV-V断面図である。

【図 6】本実施形態のレーザ加工方法によって切断された加工対象物の平面図である。

【図 7】本実施形態のレーザ加工方法の原理を検討した図である。

【図 8】本実施形態のレーザ加工方法に使用できるレーザ加工装置の概略構成図である。

【図 9】本実施形態のレーザ加工方法を説明するためのフローチャートである。

【図 10】本実施形態のレーザ加工方法によって切断されたシリコンウェハの断面の写真を表した図である。

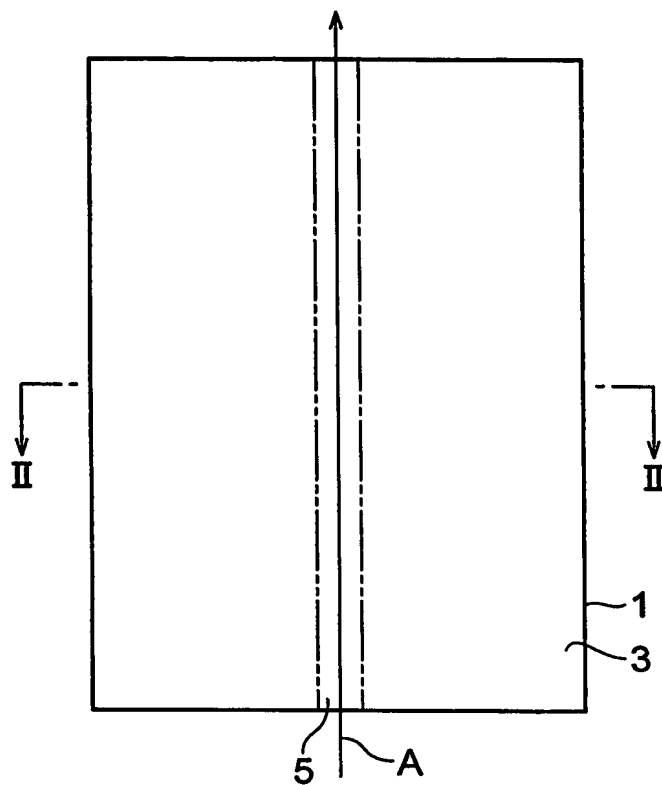
【図 11】本実施形態のレーザ加工方法の条件を検討した図である。

【符号の説明】

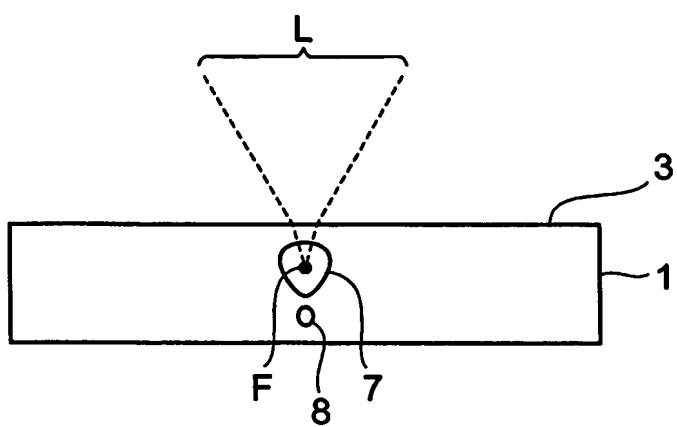
【0053】

1…加工対象物、3…表面、5…切断予定ライン、7…被処理部、8…微小空洞。

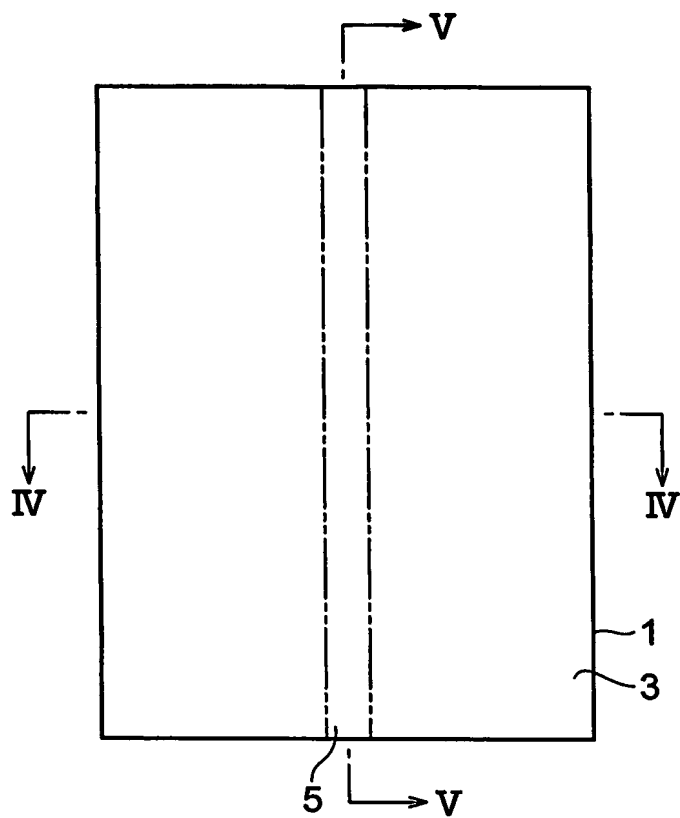
【書類名】 図面
【図 1】



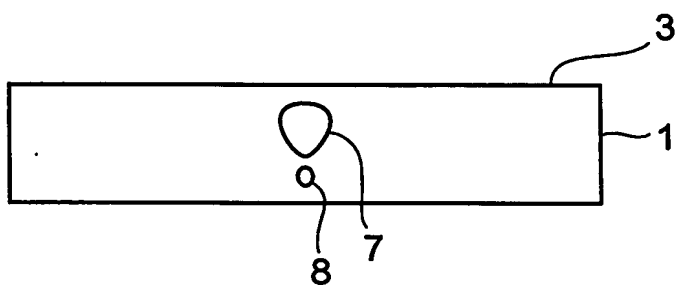
【図 2】



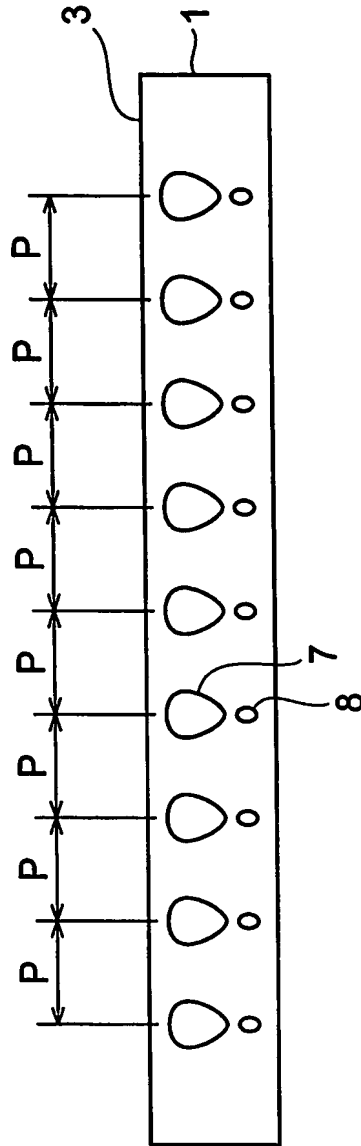
【図 3】



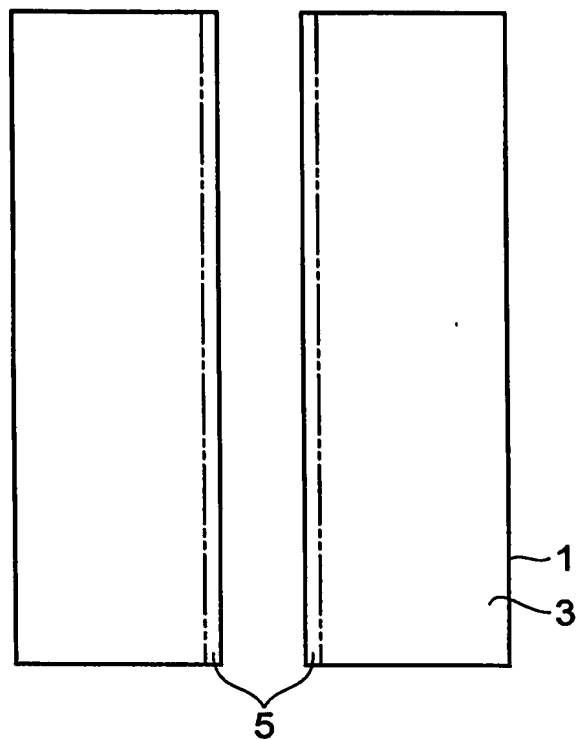
【図 4】



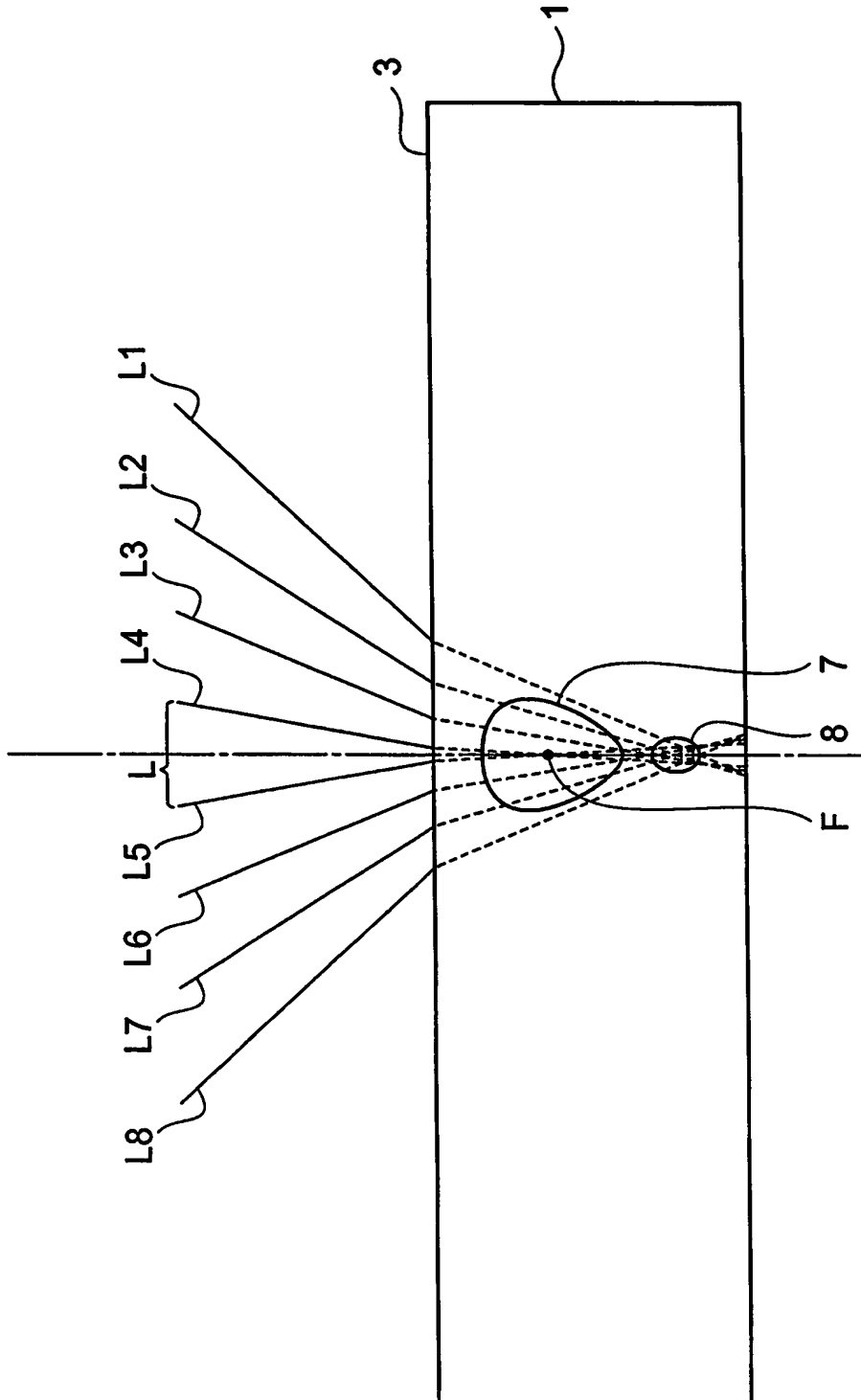
【図 5】



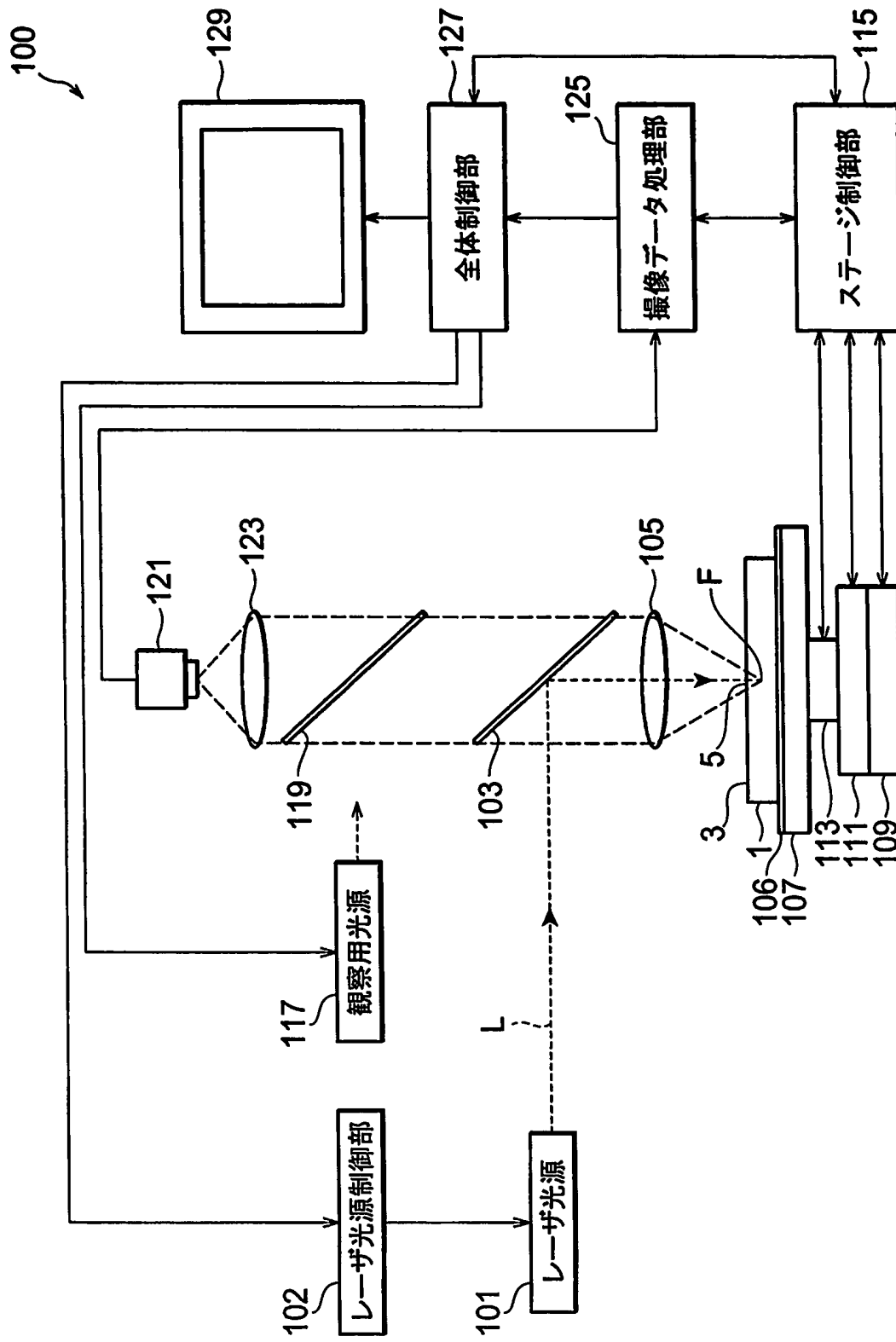
【図 6】



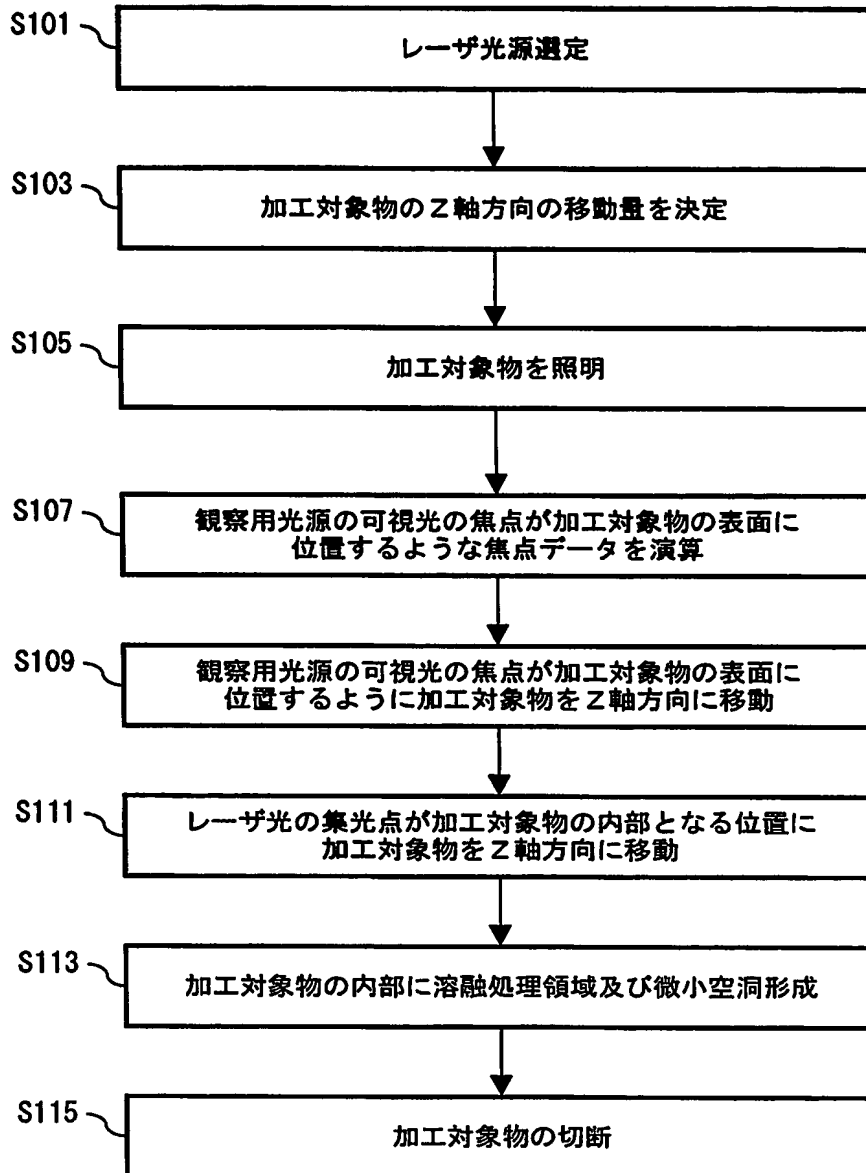
【図 7】



【図 8】

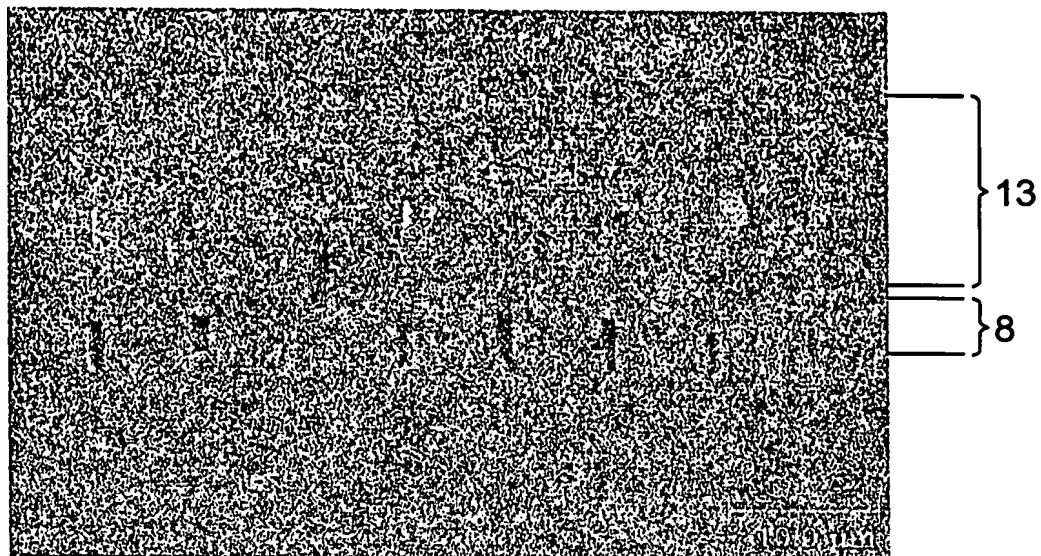


【図 9】

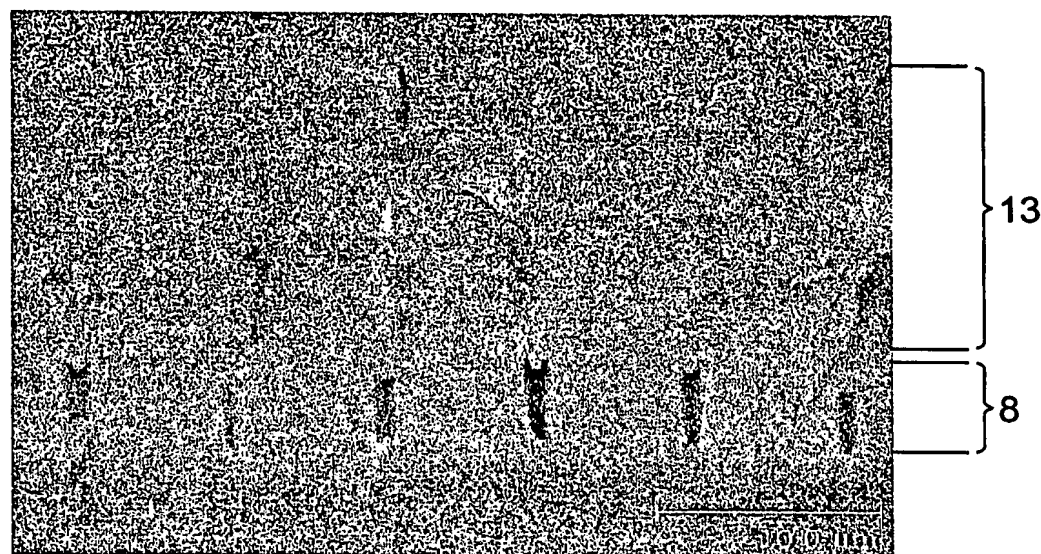


【図 10】

(a)



(b)



【図 11】

パルスピッチ (μm)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
加工速度 (mm/sec)	75	150	225	300	250	300	280
周波数 (kHz)	75	75	75	75	50	50	40
パルス幅 (nsec)	170	170	170	170	161	161	152
加工深さ (μm)	8.0	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ
	9.0	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ
	10.0	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ
	11.0	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ
	12.0	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ
	13.0	ST Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	ST Δ	ST Δ
	14.0	ST Δ	HC 山、 Δ	ST Δ	HC 山、 Δ	ST Δ	ST Δ
	15.0	ST Δ	ST Δ	ST Δ	HC 山、 Δ	ST Δ	ST Δ
	16.0	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
	17.0	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
	18.0	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
	19.0	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ

【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 加工対象物を容易に切断できるレーザ加工方法を提供すること。

【解決手段】 このレーザ加工方法は、加工対象物の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、加工対象物の切断予定ラインに沿って加工対象物の内部に多光子吸収による被処理部を形成すると共に、加工対象物の内部であって被処理部に対応する所定の位置に微小空洞を形成する工程を備える。

【選択図】 図 9

特願 2 0 0 3 - 2 7 7 0 3 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 3 6 4 3 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

氏 名

浜松ホトニクス株式会社